



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

BEST AVAILABLE COPY

(19) **SU** (11) **1303165 A 2**

(5D) 4 A 61 M 1/10

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

THE BRITISH LIBRARY

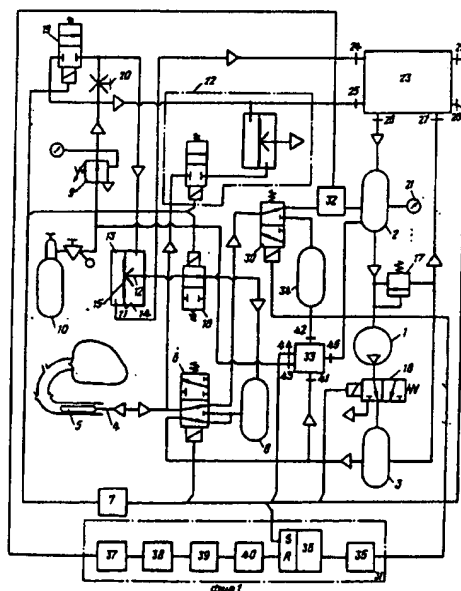
21 AUG 1987

SCIENCE REFERENCE AND
INFORMATION SERVICE

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(61) 1032613
(21) 3849870/28-14
(22) 31.01.85
(46) 15.04.87. Бюл. № 14
(72) И. И. Юрченко, В. Н. Зорин, Г. П. Перешин и Ю. А. Перимов
(53) 615.475(088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 1032613, кл. А 61 М 1/03, 1981.
(54) (57) АППАРАТ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ по авт. св. № 1032613, отличающийся тем, что, с целью увеличения долговечности гибкого баллона путем снижения нагрузки на баллон в сомкнутом состоянии, он дополнительно снабжен распределителем, датчиком расхода, формирователем импульсов, ресивером низкого давления и регулятором низкого давления.

в пневмомагистраль между распределительным устройством и ресивером вакуума подключены последовательно соединенные распределитель и датчик расхода, второй выход распределителя через ресивер низкого давления соединен с первым входом регулятора низкого давления, второй и третий входы регулятора низкого давления соединены соответственно с источником сжатого газа и с ресивером высокого давления, выход регулятора низкого давления соединен с ресивером вакуума, выход датчика расхода электрически соединен с первым входом формирователя импульсов, выход которого соединен с распределителем, второй вход формирователя импульсов соединен с блоком управления, а регулятор низкого давления электрически соединен с блоком управления.



(19) **SU** (11) **1303165 A 2**

Изобретение относится к медицинской технике, преимущественно к аппаратам вспомогательного кровообращения для контрпульсации внутриаортальным насосом — баллончиком.

Цель изобретения — увеличение долговечности гибкого баллона путем снижения нагрузки на баллон в сомкнутом состоянии.

На фиг. 1 представлена блок-схема предлагаемого аппарата вспомогательного кровообращения; на фиг. 2 — устройство регулятора низкого давления; на фиг. 3 — блок-схема блока управления.

Аппарат вспомогательного кровообращения содержит компрессор 1, ресивер 2 вакуума, ресивер 3 высокого давления, катетер 4, гибкий баллон 5, распределительное устройство 6, блок 7 управления, ресивер 8 рабочего давления, регулятор 9 рабочего давления, источник 10 сжатого газа, одномолекулярный элемент 11, снабженный соплом 12 глухой камеры 13, проточной камерой 14 и мембраной 15, электропневмоклапан 16, регулятор 17 вакуума, электропневмоклапаны 18 и 19, регулируемое пневмосопротивление 20, сигнализатор 21 вакуума, устройство 22 для сброса избытка газа системы 23 сигнализации с пневматическими выходами 24—27 и электрическими выходами 28 и 29, распределитель 30, формирователь 31 импульсов, датчик 32 расхода, регулятор 33 низкого давления, ресивер 34 низкого давления.

Формирователь 31 импульсов содержит усилитель 35 мощности, триггер 36, измеритель 37 расхода, пороговый элемент 38, дифференциатор 39 и инвертор 40.

Регулятор 33 низкого давления имеет электрический вход 41, пневматические входы 42—44, выход 45 и содержит корпус 46, мембранные блоки 47 и 48, проточные камеры 49 и 50, глухую камеру 51, сопла 52 и 53, задатчик 54 давления, электропневмоклапан 55.

Блок 7 управления содержит усилитель 56 биопотенциалов, формирователь 57 синхрипульсов, измеритель 58 длительности кардиоцикла, формирователи 59 и 60 начала и конца фазы нагнетания гибкого баллона 5, дизъюнктор 61, D-триггер 62, усилитель 63 мощности, блок 64 сигнализации с лампочками 65 и 66, триггер 67 блокировки, переключатель 68 режимов с полюсами 69—72, имеющий три позиции 73—75.

Формирователь 31 импульсов формирует импульсы начала фазы раздутия баллона 5.

Баллон 5, ресиверы 2, 3, 8 и 34, а также компрессор 1 образуют пневмосистему аппарата.

С помощью регуляторов 9, 17 и 33 рабочего давления, вакуума и низкого давления устанавливаются соответственно давление в баллоне 5 в конце фазы раздутия, необходимая скорость спадения баллона 5 (в идеальном случае скорость спадения балло-

на 5 должна равняться скорости систолического выброса крови из левого желудочка сердца) и давление в баллоне 5 в сомкнутом состоянии. Давление в баллоне 5 в раздутом (предельном) состоянии равно давлению на выходе регулятора 9 и определяется из выражения

$$P_9 = (1 - 1,05) P_{д. макс.}$$

где P_9 — давление на выходе регулятора 9; $P_{д. макс.}$ — максимальное диастолическое давление в аорте при контрпульсации.

Давление в баллоне 5 в сомкнутом состоянии равно давлению на входе 42 регулятора 33 и определяется из выражения

$$P_{р 33} = P_{с. макс.} - (60 - 80 \text{ мм рт. ст.}),$$

где $P_{р 33}$ — давление на входе 42 регулятора 33;

$P_{с. макс.}$ — максимальное систолическое давление в аорте при контрпульсации.

Формирователь 31 импульсов формирует прямоугольный электрический импульс, длительность которого определяется из следующего выражения:

$$t_{ф 31} = t_c - t_{сп.}$$

где $t_{ф 31}$ — длительность импульса формирователя 31;

t_c — длительность систолы;

$t_{сп.}$ — время спадения баллона 5 до сомкнутого состояния,

при этом $t_{ф 31} = t_{сп.}$, где $t_{сп.}$ — продолжительность сомкнутого состояния баллона 5.

Проводимость пневмосопротивления 20 выбирается из расчета обеспечения расхода газа через него, превышающего утечку газа из пневмосистемы в процессе контрпульсации, например, за счет газопроницаемости материала баллона 5.

Аппарат вспомогательного кровообращения работает следующим образом.

Перед началом вспомогательного кровообращения удаляется воздух из пневмосистемы. Полюсы 69—72 переключателя 68 режимов устанавливают в позицию 73. В этом положении полюсов электропневмоклапаны 16, 18 и 55 и S-вход триггера блока 67 подключаются к источнику напряжения, а сигнализатор 21 — к лампочке 66 блока 64. При этом триггер 67 устанавливается в «1», а триггер 62 — в «0», и распределительное устройство 6 обесточивается. Электропневмоклапан 16 переключается в положение, соответствующее отключению сопла 12 и глухой камеры 13 элемента 11 от ресивера 8, электропневмоклапан 18 переключается в положение, соответствующее подключению компрессора 1 к атмосфере (ресивер 3 при этом от компрессора 1 отключается), а электропневмоклапан 55 переключается в положение, соответствующее соединению входа 42 и выхода 45 регулятора 33. Распределитель-

ное устройство 6 в этот отрезок времени находится в положении, показанном на фиг. 1. Воздух из баллона 5, ресиверов 3, 8 и 34 компрессором 1 откачивается в ресивер 2 и через электропневмоклапан 18 в атмосферу (через распределительное устройство 6 и регулятор 33). Удаление воздуха из пневмосистемы осуществляется до остаточного давления в ней, равного $0,05—0,1 \text{ кгс/см}^2$, величина которого измеряется сигнализатором вакуума 21. При остаточном давлении в пневмосистеме, равном $0,05—0,1 \text{ кгс/см}^2$, замыкаются контакты сигнализатора 21 вакуума и на блоке 64 сигнализации загорается лампочка 66, что свидетельствует об окончании удаления воздуха из пневмосистемы.

Для заполнения пневмосистемы газом полюсы 69—72 переключаются в позицию 74. В этом положении полюсов электропневмоклапан 19 и R-вход триггера 67 подключаются к источнику напряжения, а выход 28 и C-вход триггера 67 — к первому входу блока 64, на котором появляется соответствующий сигнал, например загорается лампочка 66. При этом триггер 67 устанавливается в «0», причем пока на выходе триггера блока 67 существует «0» на выходе триггера 62 — синхроимпульсы.

В результате происходит переключение электропневмоклапанов 16, 18 и 55 в положения, показанные на фиг. 1, а на распределительное устройство 6 поступают управляющие синхроимпульсы: распределительное устройство 6 в систоле подключает баллон 5 к ресиверу 2, ресивер 8 при этом подключается к ресиверу 3, а в диастоле подсоединяется баллон 5 к ресиверу 8, ресиверы 2 и 3 при этом отключаются соответственно от баллона 5 и ресивера 8.

В это же время блок управления 7 выдает сигнал на переключение электропневмоклапана 19 в положение, соответствующее подключению выхода регулятора 9 к проточной камере 14 элемента 11. Начинается заполнение пневмосистемы аппарата газом, которое осуществляется регулятором 9.

В начальный момент заполнения давление в проточной камере 14 элемента 11 в систоле и диастоле больше давлений в его глухой камере 13 (давление в ресиверах 3 и 8 меньше давления настройки регулятора 9 и равно остаточному давлению в пневмосистеме). Мембрана 15 элемента 11 перемещается в сторону меньшего давления, и его сопло 12 открывается. В систоле распределительное устройство 6 находится в положении, показанном на чертеже, и выход регулятора 9 в течение этого отрезка времени подключается через электропневмоклапан 19, проточную камеру 14 и сопло 12 элемента 11 и электропневмоклапан 16 к ресиверу 8 и через распределительное устройство 6 — к ресиверу 3. Происходит заполнение ресиверов 3 и 8 и глухой камеры 13 газом до давле-

ния, не превышающего давления настройки регулятора 9 (пропускная способность сопла 12 элемента 11 не обеспечивает заполнения суммарной емкости ресиверов 3 и 8 и глухой камеры 13 до давления настройки регулятора 9 в течение систолы). Баллон 5 в это время подключается через распределительное устройство 6 к ресиверу 2.

В диастоле распределительное устройство 6 переключается и отключает баллон 5 от ресивера 2, а ресивер 3 от ресивера 8, подсоединяя последний к баллону 5, и газ из ресивера 8 перетекает в баллон 5. Давление в баллоне 5 повышается, а в ресивере 8 и глухой камере 13 понижается и в конце переходного процесса наполнения баллона 5 газом давление в них выравнивается, баллон 5 раздувается, если давление в нем выше аортального (длительность переходного процесса наполнения меньше длительности диастолы). Выход регулятора 9 в это время подсоединяется через электропневмоклапан 19, проточную камеру 14, сопло 12 и электропневмоклапан 16 к ресиверу 8 и глухой камере 13 и через распределительное устройство 6 — к баллону 5 и происходит их заполнение до давления, не превышающего давление настройки регулятора 9 (пропускная способность сопла 12 не обеспечивает заполнения суммарной емкости ресивера 8, глухой камеры 13 и баллона 5 до давления настройки регулятора 9 за время диастолы).

В это же время компрессор 1 перекачивает газ из ресивера 2 в ресивер 3, повышая уровень давления в последнем. Одновременно в начале диастолы формирователь 59 начала нагнетания выдает на S-вход триггера 36 сигнал, фазированный по переднему фронту импульса фазы наполнения баллона 5, и на выходе формирователя 31 формируется управляющий импульс, устанавливающий распределитель 30 в положение, показанное на фиг. 1.

В следующей систоле распределительное устройство 6 переключается и баллон 5 подключается к ресиверу 2, а ресивер 3 подсоединяется к ресиверу 8, происходит опорожнение баллона 5 и наполнение ресивера 8 (давление в ресиверах 3 и 8 в конце переходного процесса наполнения выравнивается). Газ из баллона 5 перетекает в ресивер 2. Давление в баллоне 5 понижается и в конце переходного процесса опорожнения баллона 5 давление в баллоне 5 и ресивере 2 выравнивается. Баллон 5 складывается. Одновременно на выходе формирователя 31 формируется управляющий импульс, переключающий распределитель 30, и баллон 5 подключается к ресиверу 34. Газ из ресивера 3 через сопло 53 и проточную камеру 50 регулятора 33, ресивер 34, распределитель 30 и распределительное устройство 6 натекает в баллон 5. Давление в нем повышается до давления настройки задатчика 54. При

случайном повышении давления в этот момент времени в баллоне 5 сопло 53 закрывается, а сопло 52 открывается. Происходит сброс излишка газа из баллона 5 через сопло 52 в ресивер 2 до давления настройки задатчика 54. Одновременно компрессор 1 перекачивает газ из ресивера 2 в ресивер 3, повышая давление в последнем.

В диастоле распределительное устройство 6 и распределитель 30 переключаются, и цикл заполнения повторяется.

В процессе заполнения давление в ресивере 3 повышается от цикла к циклу, а давление в ресивере 8 и глухой камере 13 пульсирует между давлениями в ресивере 3 и в систоле и настройки регулятора 9 в диастоле. При этом давление в баллоне 5 пульсирует между давлениями в ресиверах 2 и 34 в систоле (баллон 5 складывается и находится в сомкнутом положении) и давлением настройки регулятора 9 (баллон 5 раздувается, если давление в нем выше аортального). При давлении в ресиверах 3 и 8 и глухой камере 13 в систоле (распределительное устройство 6 находится в положении, показанном на фиг. 1) большем давления настройки регулятора 9 мембрана 15 перекрывает сопло 12 одномоembrанного элемента 11, отключая регулятор 9 от ресивера 8. Заполнение пневмосистемы газом в этот момент времени прекращается. Однако давление в ресиверах 3 и 8 в систоле продолжает расти, так как газ из баллона 5 в этот момент времени через распределительное устройство 6 перетекает в ресивер 2, а компрессор 1 перекачивает газ из ресивера 2 в ресивер 3. В диастоле распределительное устройство 6 переключается и сообщает ресивер 8 с баллоном 5.

Давление в баллоне 5 повышается, а в ресивере 8 и глухой камере 13 понижается и в конце переходного процесса наполнения баллона 5 газом давление в них выравнивается. Давление в проточной камере 14 в этот отрезок времени больше давления в глухой камере 13. Мембрана 15 перемещается и открывает сопло 12, сообщая регулятор 9 с ресивером 8 и баллоном 5: происходит заполнение ресивера 8, глухой камеры 13 и баллона 5 до давления, не превышающего давление настройки регулятора 9 (баллон 5 раздувается, если давление в нем выше аортального). Одновременно компрессор 1 откачивает газ из ресивера 2 в ресивер 3, повышая уровень давления в последнем над предыдущим.

В систоле распределительное устройство 6 переключается и цикл заполнения повторяется.

В процессе заполнения минимальное значение давления в ресивере 8 (величина давления в нем в конце переходного процесса наполнения баллона 5), глухой камере 13 и баллоне 5 в диастоле возрастает от цикла

к циклу и стремится к давлению настройки регулятора 9, а давление в ресивере 3 возрастает до максимального значения, превышающего давление настройки регулятора 9. При минимальном значении давления в ресивере 8, равном давлению срабатывания системы 23 сигнализации, с выхода 28 поступает напряжение на блок 64 сигнализации, загорается лампочка 66, свидетельствующая об окончании начальной фазы заполнения пневмосистемы газом. Одновременно блок управления 7 выдает команду на переключение электропневмоклапана 19 в положение, показанное на фиг. 1. Конечная фаза заполнения пневмосистемы газом осуществляется через пневмосопротивление 20. В диастоле ресивер 8 подключается к баллону 5. Газ из ресивера 8 перетекает в баллон 5. Давление в баллоне 5 повышается, а давление в ресивере 8 понижается и в конце переходного процесса наполнения баллона 5 давление в них выравнивается (длительность переходного процесса наполнения меньше длительности диастолы). Выход регулятора 9 в это время подсоединяется через пневмосопротивление 20, проточную камеру 14, сопло 12 и электропневмоклапан 16 к ресиверу 8, глухой камере 13 и баллону 5 — происходит их заполнение газом до давления не превышающего давления настройки регулятора 9, причем скорость заполнения пропорциональна проводимости пневмосопротивления 20 (баллон 5 раздувается). Одновременно в начале диастолы формирователь 59 блока управления 7 выдает на S-вход триггера 36 сигнал, фазированный по переднему фронту импульса фазы наполнения баллона 5, и на выходе формирователя 31 формируется управляющий импульс, устанавливающий распределитель 30 в положение, показанное на фиг. 1. В систоле ресивер 3 подключается к ресиверу 8 и глухой камере 13, а баллон 5 подсоединяется к ресиверу 2 — происходит наполнение ресивера 8 и глухой камеры 13 до давления в ресивере 3, а баллон 5 опорожняется в ресивер 2 до давления в ресивере 2. В конце переходного процесса опорожнения баллона 5 на выходе формирователя 31 формируется управляющий импульс, переключающий распределитель 30, и баллон 5 подключается к ресиверу 34 — давление в них выравнивается. Одновременно повышается давление в глухой камере 13 и мембрана 15 перекрывает сопло 12, отключая регулятор 9 от ресивера 8. В диастоле ресивер 8 подключается к баллону 5, и цикл конечной фазы заполнения повторяется.

При заполнении ресивера 8, глухой камеры 13 и баллона 5 в диастоле через пневмосопротивление 20 до давления настройки регулятора 9 заполнение пневмосистемы аппарата газом прекращается (сопло 12 в конце диастолы открыто, но отсутствует расход газа через регулятор 9 и пневмосо-

противление 20, так как отсутствует перепад давления между ними и ресивером 8). Таким образом, регулятор 9 оказывается подключенным в конце переходного процесса наполнения баллона 5 в диастоле к ресиверу 8 и через распределительное устройство 6 подсоединенным к баллону 5, а в систоле — отключенным. При незначительном уменьшении минимального значения давления в ресивере 8 в конце переходного процесса наполнения баллона 5 в диастоле (давление в ресивере 3 меньше необходимого), например, из-за газопроницаемости материала камеры баллона 5, катетера 4, появляется перепад давления между регулятором 9, ресивером 8 и баллоном 5. Через пневмосопротивление 20 и открытое сопло 12 протекает необходимый расход газа и давление в ресивере 8 и баллоне 5 повышается до давления настройки регулятора 9.

Давление в ресивере 3 в этот момент времени равно значению, определяемому выражением

$$P_{ap3} = \frac{(V_{p8} + V_{л8} + V_{с8}) \cdot P_{ap9} - V_{л8} \cdot P_{ap34}}{V_{p8}},$$

где P_{ap9} , P_{ap3} и P_{ap34} — соответственно абсолютные значения давлений настройки регулятора 9 и в ресиверах 3 и 34;

V_{p8} , $V_{л8}$ и $V_{с8}$ — соответственно объемы ресивера 8, пневмолинии между распределительным устройством 6 и баллоном 5

и при соответствующем выборе объема ресивера 8 может в несколько раз превышать давление настройки регулятора 9.

Таким образом, начальная фаза наполнения баллона 5 газом в диастоле происходит при высоком давлении в ресивере 8, а в конце переходного процесса наполнения давление в баллоне 5 и ресивере 8 выравнивается до давления настройки регулятора 9.

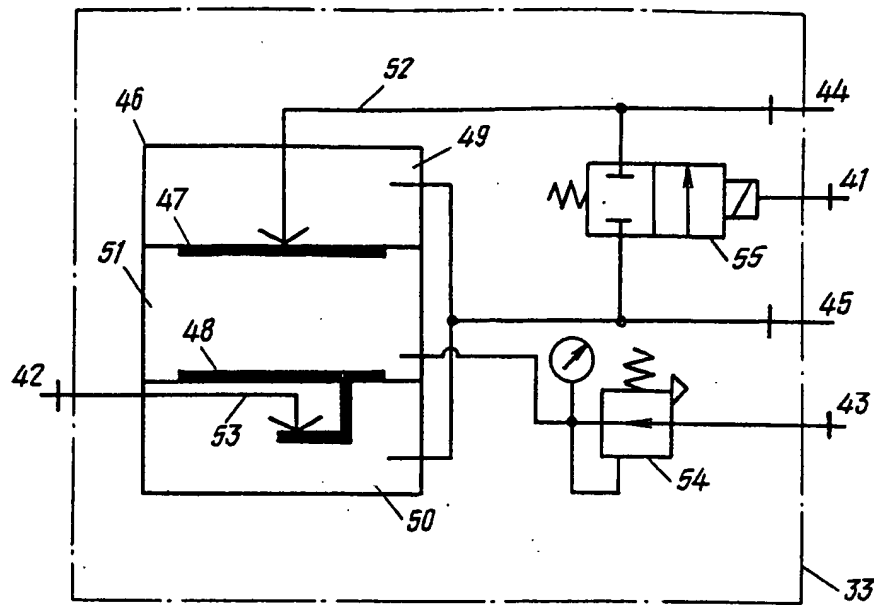
Баллон 5 быстро раздувается, причем время его раздутия значительно меньше диастолы. В систоле же баллон 5 подключается вначале к ресиверу 2, а в конце переходного процесса опорожняется — к ресиверу 34, чем обеспечивается быстрое сложение баллона 5 и работа его в пределах упругих деформаций.

В процессе контрпульсации минимальное значение давления в ресивере 8 в конце переходного процесса наполнения баллона 5 в диастоле может превысить давление на-

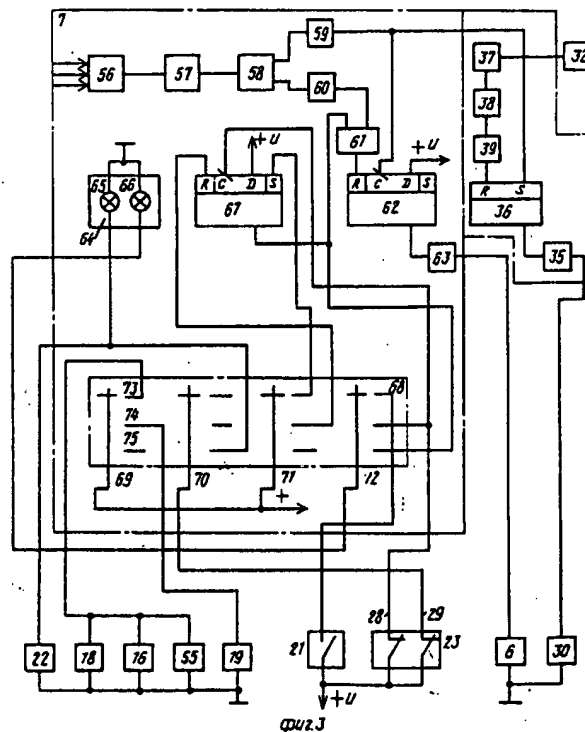
стройки регулятора 9, например из-за дополнительного подсоса воздуха из атмосферы. При повышении минимального значения давления в ресивере 8 до давления срабатывания системы 23 сигнализации с выхода 29 поступает напряжение источника питания и загорается лампочка 65, что свидетельствует об избытке газа в пневмосистеме. Одновременно срабатывает устройство 22, и излишек газа сбрасывается в атмосферу. В результате гаснет лампочка 65.

В процессе контрпульсации минимальное значение давления в ресивере 8 и баллоне 5 в конце переходного процесса наполнения в диастоле может резко понизиться, например, из-за нарушения герметичности баллона 5. Величина утечки газа через стенку баллона 5 в кровь увеличится и не сможет больше компенсироваться расходом газа через пневмосопротивление 20.

При понижении минимального значения давления в ресивере 8 до давления срабатывания системы 23 сигнализации с выхода 28 поступает напряжение источника питания и загорается лампочка 66, свидетельствующая об аварийной утечке газа из пневмосистемы, блок 67 блокировки производит блокировку распределительного устройства 6 в положении, соответствующем подключению баллона 5 к ресиверу 2, причем после опорожнения баллона 5 последний подключается к ресиверу 34 (на выходе формирователя 31 формируется управляющий импульс, переключающий в соответствующее положение распределитель 30). При необходимости давление в конце переходного процесса наполнения баллона 5 в диастоле можно в процессе контрпульсации изменять. Для уменьшения давления в баллоне 5 достаточно уменьшить давление настройки регулятора 9 до величины, превышающей давление срабатывания системы 23 сигнализации. Для увеличения давления в баллоне 5 переключатель 68 устанавливают в позицию 74. В результате отключается блок 67 блокировки и переключается электропневмоклапан 19 в положение, соответствующее подключению регулятора 9 к проточной камере 14 элемента 11. Давление настройки регулятора 9 необходимо увеличить до величины, превышающей давление срабатывания системы 23 сигнализации. Одновременно на выходе 28 последней и на блоке 64 сигнализации появляется сигнал, соответствующий заполнению пневмосистемы газом. Процесс заполнения пневмосистемы до нового значения давления настройки регулятора 9 аналогичен начальной и конечной фазам заполнения пневмосистемы аппарата газом.



фиг. 2



фиг. 3

Составитель Н. Андриенко
 Редактор Т. Парфенова Техред И. Верес Корректор М. Самборская
 Заказ 1239/6 Тираж 596 Подписное
 ВНИИПИ Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
 Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.